

C-rate를 고려한 NiMH 배터리 충·방전 특성실험

공세일, 이종경, 차한주
충남대학교 전기공학과

NiMH battery charge/discharge test considering C-rate

Seil Kong, Jongkyung Lee, Hanju Cha
Chungnam National University

ABSTRACT

본 논문은 전류에 따른 NiMH 배터리의 성능 변화를 충·방전 실험을 통하여 비교 분석하였다. 따라서 실험을 통하여 NiMH 배터리의 데이터시트에 있는 충·방전 특성곡선과 실제 실험을 통한 충·방전 특성곡선을 비교 분석한다. 또한 충·방전 전류의 크기에 따라 변하는 특성곡선의 차이를 비교 분석한다. 전류 변화에 의한 배터리 분석을 위해 0.2C, 0.5C, 1C, 2C 정전류 충·방전 실험과 동일한 C rate로 펄스전류로 충·방전 실험을 하였다. 실험을 통해서 얻은 데이터로 1차 Randles 등가회로를 통해 C rate변화와 잔존용량 변화에 의한 파라미터 분석과 잔존용량 개로전압 곡선에서의 충·방전 히스테리시스를 알아보았다.

1. 서 론

오늘날 자원 고갈과 환경문제로 전 세계적으로 신재생에너지와 더불어 에너지저장장치에 많은 관심을 가지고 있다. 그중에 에너지저장장치인 NiMH배터리는 에너지 밀도가 높고, 낮은 가격에 안전성을 가지고 있다. 실제로 NiMH 배터리는 하이브리드 자동차에 쓰이고 있고 모델링도 되어 있다.^[1] 하지만 이러한 모델링도 충·방전이 반복되면 노화도 되고 C rate의 변화에 따라 배터리의 파라미터도 달라지기 때문에 해석하기가 쉽지 않다.

NiMH 배터리는 재충전 소요시간이 짧고 방전능력이 좋다고 알려져 있다. 하지만 이러한 배터리는 화학 작용에 의하여 동작하므로, 전기자동차의 충·방전에 따른 동특성 파악의 어려움이 많으며, 배터리 특성은 온도나 충·방전 전류에 의해 차이를 보인다. 배터리 수명에 악영향을 주지 않고, 정확한 배터리 제어를 위해서는 동특성과 정특성의 해석이 요구되어진다.

2. 본 론

2.1 충·방전 곡선의 데이터시트와 실험결과 비교

같은 C rate로 충전을 하더라도 실험전의 잔존용량에 따라 실험 곡선이 달라지기 때문에 정확한 실험을 위해 충전을 하기 전에는 0.5C로 방전종지전압까지 방전 한 상태에서 실험을 하였고 또한 방전을 하기 전에는 0.5C로 충전을 한 상태에서 시간을 가지고 실험을 하였다.

그림 2은 데이터시트의 방전특성 그래프와 실험을 통해 얻은 그래프를 비교한 그림이다. 실험은 비교를 하기 위해 0.2, 1C,

2C를 하였고 실험에 사용된 배터리는 배터리 20개를 직렬로 연결하여 제조회사에서 제공하는 batteries technical handbook을 통해 방전종지전압이 다르게 나타난다. 최대 5%의 오차가 있지만 온도나 작업환경, 실험 이전상태 등을 고려한다면 거의 일치하는 것을 볼 수 있다.



그림 1 실험에 사용한 NiMH 배터리
Fig. 1 NiMH battery used in the experiment

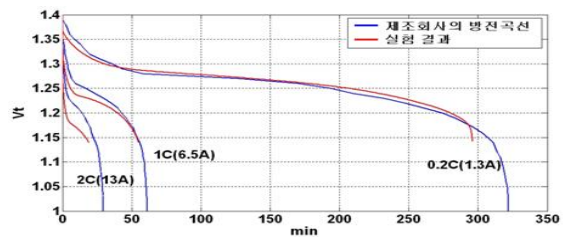


그림 2 데이터시트 곡선과 실험 방전 곡선
Fig. 2 Data sheet curve and experimental discharge curve

2.2 NiMH 배터리의 충방전 히스테리시스 곡선

개방 전압은 잔존용량에 따라 값이 변한다. 잔존용량은 개방 곡선 회로 전압과 비선형 함수 관계를 갖는다. 충·방전 잔존용량을 측정하기 위해서 0.5C 정전류 충·방전 데이터 시간을 10등분하여 1사이클에 SOC 10% 감소하도록 펄스전류로 충·방전을 하였고 충분한 완화시간을 위해서 30분후의 전압을 측정하여 데이터를 얻도록 하였다.

그림 5는 C rate의 변화에 따라 나타나는 SOC OCV 곡선이고 그림 6은 펄스 충·방전 실험을 통해 얻은 데이터로 SOC OCV 히스테리시스 곡선을 나타냈다. 잔존용량 0%와 100%가 일치하지 않는데 이것은 주변온도와 완화시간이 다르기 때문에 잔존용량이 다르게 나타났다.

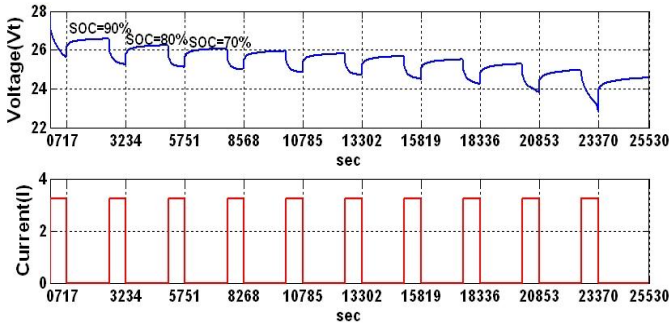


그림 3 펄스전류 방전 파형 (0.5C)
Fig. 3 Pulse current discharge waveforms

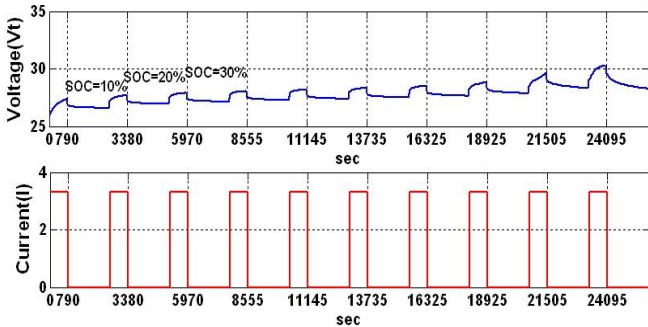


그림 4 펄스전류 충전 파형 (0.5C)
Fig. 4 Pulse current charge waveforms

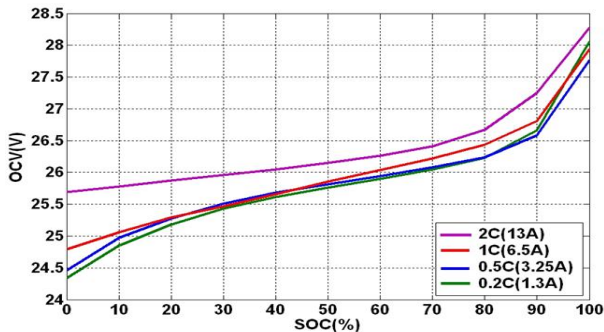


그림 5 C-rate변화에 의한 SOC-OCV 곡선
Fig. 5 SOC-OCV curve in terms of C-rate

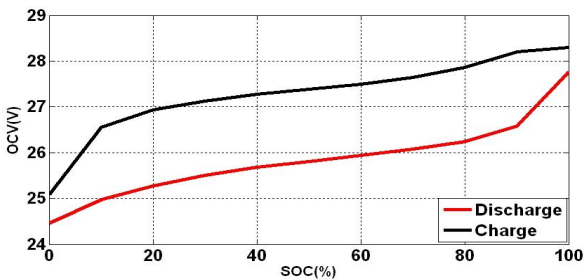


그림 6 SOC-OCV 히스테리시스 곡선
Fig. 6 SOC-OCV hysteresis curve

2.3 C-rate 변화에 따른 배터리 파라미터 추출

배터리의 동특성을 해석하기 위해 그림 7의 간단한 형태의 1차 Randles 등가회로이고 가장 널리 사용하고 있다. 등가 전기회로는 배터리 내부저항 R2, 분극현상을 나타내는 충·방전 전류에 의한 이온화 손실저항 R1 및 이중층의 커패시턴스 C1로 구성된다. 또한 배터리 개로 전압(Open Circuit Voltage) V_{ocv} 는

무부하 정상상태에서의 배터리 단자전압이며 배터리 내 잔존 용량의 비선형적 함수로 표현된다.^[2]

표1과 표2는 등가모델에서 잔존용량에 따라 파라미터의 변화를 알 수 있지만 C rate 변화에 따라서도 파라미터가 변하는 것을 볼 수 있다. 파라미터 추출은 식 (1)을 이용하여 Matlab의 커브 피팅을 통해 추출하였고 0.2C와 0.5C의 공칭영역 구간에 파라미터를 추출하여 비교해 보았다. 전류가 상승하면 내부저항이 감소하여 0.5C의 R1의 값이 작음 알 수 있다.

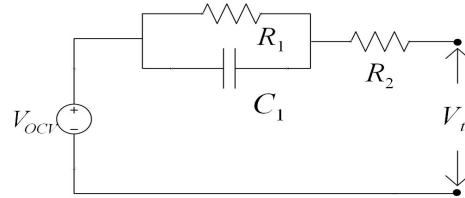


그림 7 NiMH OCV 등가모델
Fig. 7 NiMH OCV equivalent circuit

$$V_t = V_{ocv} - i(R_2 + R_1(1 - e^{-t/\tau})) \quad (1)$$

표 1 방전 C-rate변화에 의한 파라미터 (0.2C)
Table 1 Discharge C-rate change by the parameters (0.2C)

	SOC(80%)	SOC(60%)	SOC(40%)	SOC(20%)
R1	0.266	0.211	0.399	0.256
R2	0.16	0.17	0.16	0.16
C1	718.5	906.3	926	923.8

표 2 방전 C-rate변화에 의한 파라미터 (0.5C)
Table 2 Discharge C-rate change by the parameters (0.5C)

	SOC(80%)	SOC(60%)	SOC(40%)	SOC(20%)
R1	0.15	0.133	0.143	0.158
R2	0.17	0.17	0.17	0.157
C1	632	831	908.2	847

3. 결론

본 논문에서는 NiMH배터리 특성을 알기 위해 충·방전 전류의 크기에 따라 다양한 실험을 하였다. 실험결과와 데이터시트 방전곡선은 거의 일치하였으며, 정전류 실험과 펄스 전류 실험을 통하여 C rate에 따른 OCV SOC 커브와 OCV SOC 곡선이 리튬폴리머 배터리에 비해 히스테리시스 특성이 강하게 나타남을 관찰하였다. 펄스전류 실험을 통하여 C rate변화와 SOC 변화에 따라 배터리 파라미터를 산출하였다.

참고 문헌

- [1] Jayam Prabhakar Aditya, "Comparison of NiMH and Li ion Batteries in Automotive Applications", Proceedings of the IEEE VPPC, 2008
- [2] Chen Min and Rincon Mora G. A., "An accurate electrical battery model capable of predicting runtime and I V performance", IEEE Tans. on Energy conversion, Vol. 21, No. 2, pp. 104 111, 2005.